

早稲田大学大学院理工学研究科

博士論文審査報告書

論文題目

吸収源プロジェクトにおける衛星データを用いた
モニタリング手法および戦略に関する研究

**Study of Monitoring Technique and Strategy for
Sink Project using Satellite Remote Sensing Data**

申請者

氏 名

関根 秀真
Hozuma Sekine

専攻・研究指導
(課程内のみ)

環境資源及材料理工学専攻 古生物学研究

2006 年 2 月

21 世紀にはいり、地球温暖化やオゾン層破壊をはじめとする人為的な活動に起因する地球環境変動問題に対する対策が急務となっている。特に地球温暖化問題に関しては、1997 年に採択され 2005 年 2 月に発効した京都議定書において、先進各国における温室効果ガスの削減数値目標が設定されたこともあり、国際社会における重要課題の一つとして位置づけられている。京都議定書で規定された吸収源（人為的な活動による植林等の炭素吸収量強化）を活用したプロジェクト(吸収源プロジェクト)は、我が国における温室効果ガス削減の数値目標達成の為には利用不可欠とされている。この吸収源プロジェクトを成功させるためには、植林地および周辺環境の適切な評価および検証が重要な要素であり、簡便かつ費用対効果の高い手法の開発が必要とされている。特に、衛星によるリモートセンシング技術は、吸収源のモニタリングツールとして気候変動に関する政府間パネル(IPCC)等においても重要視されており、費用対効果の面からも他の手法と比較して優位性を持っている。しかし、モニタリング精度、解析手法、コスト等において多くの課題も指摘されている。本論文は、これらを鑑み、衛星リモートセンシング技術の活用による京都議定書の吸収源プロジェクトおよび吸収源モニタリングの将来戦略策定への貢献を目的として実施したものである。具体的には、衛星リモートセンシング技術を中心としたモニタリング技術の吸収源プロジェクトにおける適用手法を開発するとともに、モニタリング技術の適用における費用・便益の分析・評価をおこなっている。また併せて、吸収源モニタリングをはじめとする地球観測分野に今後必要となる、観測戦略に対する提言をおこなっている。

本論は以下に示す 5 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、本論の背景を述べるとともに、京都議定書と吸収源の関係および吸収源モニタリングにおける要求条件を説明し、本論の位置づけと目的を明確にしている。

第 2 章では、UNFCCC(気候変動枠組条約事務局)における国際交渉経緯、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の関連報告書（*Special Report for Land Use, Land-Use Change, and Forestry*(2000), *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* (2003)）および関連論文の分析により、吸収源のモニタリングの技術および方法論に関する分析を実施している。特に、本研究では、共同実施（JI）、クリーン開発メカニズム（CDM）のいわゆる「京都メカニズム」に着目し、プロジェクト適地の選定から炭素吸収量の算出までを一連のモニタリングプロセスとして捉え、各プロセスにおいて必要とされる要素技術および手法について明らかにしている。また、共同実施（JI）、クリーン開発メカニズム（CDM）における、モニタリング技術の重要性について指摘している。

第3章では、オーストラリア・ビクトリア州ポートランド周辺地域を対象として、多時期(1989年～2003年)の Landsat/TM および ETM+データを用いた京都議定書の定義に基づく「新規植林・再植林」地域の抽出をおこなうとともに、京都議定書発行による同地域の植林事業に対する影響評価をおこなっている。これにより、対象地域において急速に新規・再植林が行われていることを指摘している。また、同地域を対象として京都議定書の定義に基づく森林地域の抽出アプローチを検討し、時系列による「新規植林・再植林」地域の抽出フローを明確にした。さらに、同地域内の既存植林地を対象とし、衛星データと現地実測データに基づく森林成長パラメータの抽出手法の検討および評価を実施している。この結果、植生指数 NDVIc が一定の樹齢までの植林地の成長量パラメータと高い相関がある一方、樹齢が高くなるにつれて相関関係は低くなる傾向にあることを明らかにした。これらの成果より、樹齢 2～3 年の幼木時に観測された衛星データを用いることにより、樹高の空間分布および将来的な樹高推定を行える可能性を指摘している。

第4章では、衛星データによる植林地モニタリング手法の評価結果を踏まえ、費用対効果に優れた吸収源モニタリングを実施するための費用・便益分析を実施している。吸収源モニタリングに掛かる経費は、モニタリング対象とする吸収源と観測方法に大きく依存しており、これらを適切に組み合わせることにより費用対効果を最大限にすることが求められる。本論では、対象とする吸収源と観測方法組み合わせへの影響因子が、1) 炭素クレジット(CER)の価格、2) 各吸収源に蓄積される単位面積あたりの炭素量(あるいは吸収量全体に対する吸収量比)、3) モニタリング経費、であることを明確にしている。1) の炭素クレジット(CER)の価格は、排出権取引市場において売買される炭素価格であるが、現時点では不確定要素が高い。このため、本論においては、既存文献等から複数の想定価格を設定している。また、2) の各吸収源に蓄積される単位面積あたりの炭素量は、吸収源プロジェクトが実施される気候帯、土壌、降雨量、樹種等に大きく依存している。このため、本論では、IPCC の Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (2003) のデフォルト値および CO2-FIX によるモデル算出値を参考として、各吸収源の炭素蓄積量を設定している。さらに、3) のモニタリング経費については、各観測手法におけるコストを分析するとともに、特に衛星データについて、空間分解能、スペクトル分解能とコストとの関係より評価をおこなっている。本論では、以上の考えに基づく費用便益分析を実施し、費用対効果に優れた吸収源モニタリングに対する考察を実施している。この結果、土壌炭素の計測精度が最もコストに影響を与える一方、炭素価格、吸収源プロジェクトの実施形態、および地上部・地下部バイオマスの計測方法の適切な選択により、高い便益が得られることを明らかにしている。

第5章は、これまでの我が国および欧米における地球観測政策および技術の整理・分析を行い、吸収源モニタリングとの関係性に関する分析評価を実

施している。さらに、今後、吸収源モニタリングにおいて必要とされる観測技術戦略を分析している。これらの分析結果より、全球地球観測システム（GEOSS）の構築を踏まえた、我が国に必要とされる観測技術戦略として、1)国際連携、2)中長期的ミッション、3)選択的観測の重要性を指摘し、具体的な方策に対する提言をおこなっている。

吸収源プロジェクトにおいて費用・便益分析にいたるまでの研究は、これまで限定的なものに限られ、本研究のように全体を俯瞰しつつ個別要素を丹念に積み上げていった研究はほとんど例がなく、その意義は高いと考えられる。一方、吸収源プロジェクトという経済活動に衛星リモートセンシングを活用するための観測戦略を冷徹な視点で分析し、1)国際連携、2)中長期ミッションおよび3)選択的観測、という3つのマクロな観測技術戦略を提言している。これらは、技術育成の観点からこれまで「技術開発」のみを観測政策としてきたわが国に、利用技術を中心とする方向へのパラダイム変換を迫るもので極めて時宜を得た提言であると評価できる。以上の研究を通じ、吸収源モニタリングならびに衛星リモートセンシング分野における技術的かつ学術的発展に多大な貢献をしたと考えられる。

よって、本論文は博士（工学）の学位を受けるに値すると判断できる。

2006 年 2 月

審査員

(主査) 早稲田大学教授	理学博士（九州大学）	平野弘道
早稲田大学教授	理学博士（名古屋大学）	坂 幸恭
早稲田大学教授	理学博士（名古屋大学）	高木秀雄
東京大学教授	工学博士（東京大学）	六川修一
国立環境研究所	博士(学術)(東京大学)	山形与志樹